土木建筑工程信息技术
Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture

BIM 与 3DGIS 技术在桥梁工程中的应用方法研究与设计

卢玉韬　韩春华　闫　智

（昆明理工大学交通工程学院，昆明　650500）

【摘　要】随着 BIM 技术在我国工程建设行业的不断深入应用和发展，政府与企业也逐渐认识到 BIM 技术的重要性及其价值所在，各地 BIM 技术应用标准指南相继出炉。BIM 是贯穿于工程建设全生命周期的技术，与此同时，针对诸如桥梁、隧道以及公路工程这样与地形及周边环境联系极为紧密的基础工程建设，3DGIS 技术可以更好地对其进行呈现与应用，二者的结合势在必行。本文从 BIM + 3DGIS 技术的角度出发，结合工程实际应用经验，探索了两者在桥梁工程中的应用方法，为今后 BIM + 3DGIS 技术的发展提供参考和依据。

【关键词】BIM；3DGIS；桥梁工程
【中图分类号】TU17；TU198；U44　【文献标识码】A　【文章编号】1674 - 7461(2017)04 - 0082 - 05
【DOI】10.16670/j.cnki.cn11 - 5823/tu.2017.04.15

引言

随着越来越多的 BIM 技术应用在桥梁隧道等基础设施建设的过程当中，更多的研究人员将目光聚集到建筑信息模型（BIM）与地理信息系统（GIS）的集成应用上面。GIS 技术刚好可以弥补传统 BIM 软件在大范围环境下的基础设施建设当中所出现的不足。三维 GIS（3DGIS）技术是 GIS 发展的趋势，因其除了表达二维信息之外还可以描述三维空间立体的信息内容。BIM 模型具有丰富的几何语义信息，表达模型更准确，对模型的可视化效果更逼真，而 3DGIS 技术具有强大的数据管理，以及对周边地形地物及自然环境进行良好的可视化和分析能力。两者的结合能够使得 BIM 模型与地理环境的空间结构关系得到更好的展示，满足从微观到宏观的多尺度数据信息的管理存储和分析展示。要实现 BIM 与 3DGIS 技术的结合，除了要解决两种模型数据标准的转换问题，还要实现各种数据间的集成与分析。针对上述问题，本文结合 Bentley 系列软件与三维 GIS 平台 Skyline 实现了这一目的，并开发出基于 C/S 架构下的基于 BIM 的桥梁三维模型信息查询及可视化系统。

1　BIM 技术在桥梁工程中的应用

建筑信息模型与全生命周期管理的理念在桥梁工程当中具有十分重要的实际意义。无论是从桥梁的规划、设计、施工还是在后期的运维、检测、保养阶段，BIM 技术的渗透使得"精益化"制造这一目的得以实现，也使得信息化的要求在桥梁工程建设当中飞速发展。目前主流的应用在桥梁工程当中的 BIM 软件包括 Bentley 厂商的 MicroStation、PowerCivil、Bridge Master Modeler，Autodesk 系列的 Revit、Autodesk Civil3D、Naviswork 以及达索旗下的 Catia 软件等。不同软件的优势与其操作绘图习惯各有不同，本文在综合考虑各方面因素后采用 Bentley 的桥梁系列软件完成 BIM 模型的创建以及其它相应功能的实现。

Bentley 土木桥梁系列软件提供了一整套项目解决的实施方案并配有对应的软件使用，如图 1 所示。在工程勘察阶段、设计阶段、施工阶段与运营

【基金项目】　云南省应用基础研究计划面上项目"面向全生命周期的公路工程 BIM 建模方法研究"（项目编号：2015FB124）
【作者简介】　卢玉韬(1994 -)，男，硕士研究生。主要研究方向：BIM 技术在道路桥梁工程中的应用。

阶段都有对应的 BIM 数据与信息传递,数据与信息的主要载体就是模型,依据这些数据可以进行分析和使用。借助 Bentley 平台下的 Open bridge Modeler、Bridge Master 以及 RM Bridge 和 Leap Bridge 等软件,通过其软件具有的的模板化、标准化等功能,使其在桥梁建模的参数化、智能操作、关联性上都有很好的表现。在其对应的集成平台上同时可以实现桥梁受力分析,快速出图,动态更新,施工模拟,数量和费用预估,碰撞检测,碰撞解决等功能。

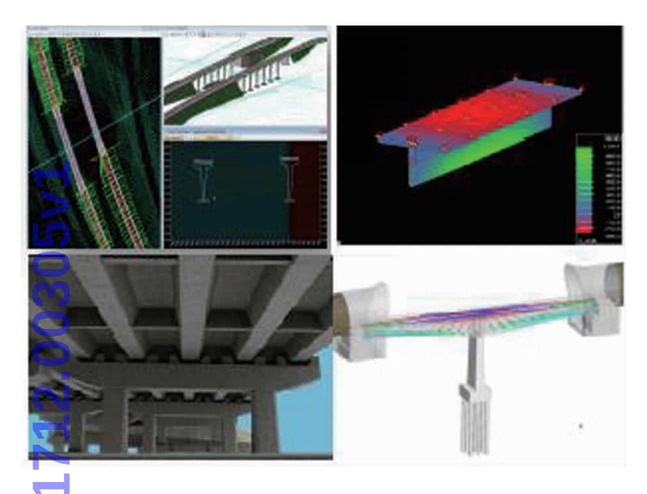


图 1 Bentley 桥梁系列软件应用流程

2 3DGIS 技术的发展

地理信息系统(GIS)是一门综合性的学科,包括地图学、测绘学、计算机科学等学科知识。其中三维 GIS 是 GIS 的一大发展趋势,解决了传统 GIS 二维及 2.5 维的几何信息表示不全面的缺陷,实现了大场景的空间模型数据组织与管理。三维 GIS 基于多数据源,使得虚拟场景更加易于利用,可以远程访问虚拟景观,即使没有地图知识的操作人员也可以直接参与到项目中来。对于桥梁工程所具有的线状、工程复杂多样、跨度大的特点,将 3DGIS 技术引入,刚好可以弥补 BIM 难以大尺度表达和统一管理的缺陷。

Skyline 作为一款优秀的三维地理信息系统平台,可以将空间数据进行整合展示,并可以进行诸如数据管理,空间量测,全线浏览,光照模拟,属性查询等多种功能。Skyline 共分为三个子系统,分别是 Terra Builder、Terra Explorer Pro 与 Terra Gate 和 CityBuilder,三个系统分别具有不同功能,将所有数据源进行集成或者打包输出。

3 数据获取

对于一个桥梁三维数据场景而言,其数据来源是较为丰富的。包括从 Bentley 桥梁系列软件创建的桥梁 BIM 模型,模型的纹理贴图数据。同时包括数字高程模型数据(DEM)与遥感影像(DEM),以及各类矢量数据和属性数据。下面对每种数据的获取与组织进行一一介绍。

3.1 BIM 模型与纹理贴图数据

通过 Bentley 的桥梁建模软件 Powercivil、Bridge Master Modeler 与 Open Bridge Modeler 进行桥梁上部结构与下部结构的分别绘制。下部结构的盖梁、支座垫石及挡块、墩柱、基础与桩基等构件可以通过参数化进行快速绘制,上部结构通过绘制模版文件或者按公式进行扫略得到,部分简单常规桥梁可以通过 Open Bridge Modeler 直接参数化绘制。Bentley 平台的软件统一格式为. DGN 文件,为方便后期纹理数据贴图与 Skyline 平台结合可以将其导出为. 3dsmax 文件进行处理。

纹理贴图数据的获取采用现场拍照信息采集,后期 PhotoShop 软件处理的方式,快速高效获得逼真纹理贴图。将模型与纹理数据在 3DMAX 软件中进行组合,得到真实效果感极强的桥梁三维模型。如图 2 所示。



图 2 桥梁模型纹理与其它贴图数据

3.2 DOM 与 DEM 数据

DEM 数据是数字模型,它是三维地理信息平台的基础数据,实际上是用 DEM 数据表示地形的高低起伏形态。

DEM 数据的获取主要有以下几种方式:

(1)实地测量法

该方法成本较低,速度较慢,但是目前比较常用的获取方法;

(2)通过无人机航拍获取

该方法速度快,分辨率与精度也都较高,但需

后期加工处理且需要航拍设备的支持；

(3)通过免费公开的 DEM 数据软件获取；

(4)通过当地勘测设计部门获取。

DOM 数字正射影像数据可以较为真实地展现地面的形态和植被等地物环境，相当于三维地形的纹理数据。精度越高的 DOM 数据效果越好，相应的成本也会越高。一般情况下数字正射影像数据可以通过 Google 卫星地图等软件获取，精度可达到 1m。通过 Arcgis 软件可以对 DOM 数据进行剪裁处理，并导出为 Skyline 平台可以利用的. tif 格式。



图 3　数字正射影像

3.3　矢量数据与属性数据

矢量数据(. shp)也是三维 GIS 的重要数据来源，针对桥梁工程而言，主要包括桥梁的线路以及跨径线等二维平面矢量数据，可以通过不同的路线走向比较直观的查看线路方案的比选以及所经过区域的周边地理环境。属性数据主要包括从 BIM 软件中提取的桥梁各部分结构构件的几何尺寸、工程量，和施工过程中的施工单位、项目负责人、施工完成时间以及标定行政区划名称，以及收费站、服务区、停车区、桥梁、隧道、立交、路段起止点、里程桩号等。

4　数据处理与数据集成

4.1　数据处理

BIM 模型及纹理数据可以通过 3DMAX 软件进行模型的逐个导出，导出为可以与 Skyline 相结合的 *. X 格式，Terra Explorer Pro 中加载。或者可以将导出的 *. X 模型文件用 pro 自带的 MAKEXPL 工具把模型批量打包导出为 *. xpl2 格式。通过这一过程可以实现模型的轻量化，但模型导出时一定要将模型归零到 3DMAX 中坐标原点附近，并在后期导入 Terra Explorer Pro 时采用统一的 WGS-84 坐标系统。每个模型具有唯一的 ID 信息，此 ID 将作为后期查询以及与属性信息绑定的检索信息。

Skyline 平台的三维地形数据格式为. MPT 文件。用于展现宏观的地形地貌信息。MPT 文件的制作需要用到前期制作好的数字高程影像数据和数字正射影像数据，在 Terra Builder 软件中创建新工程后依次叠加不同精度的两种数据文件，然后创建金字塔，生成 MPT 文件，这将是后期三维环境的基础数据。如图 4 所示。

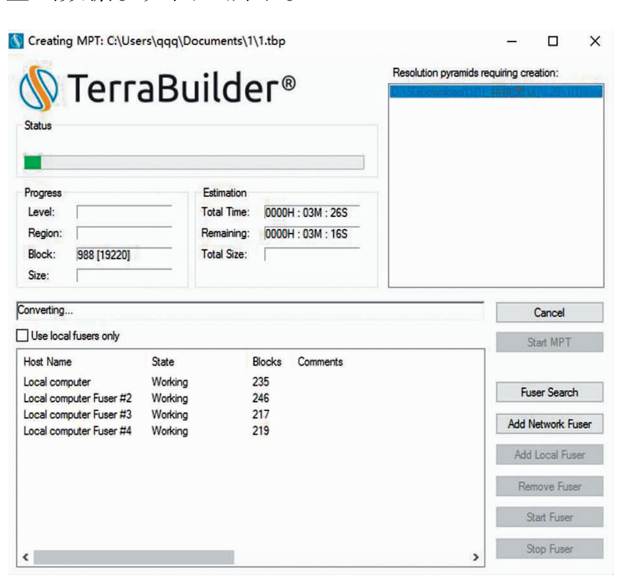


图 4　MPT 文件制作

矢量数据与属性数据往往都是以表格形式存储的，将属性信息包括模型的坐标，几何尺寸，工程量通过表格或者数据库的方式与模型 ID 绑定，即将这些属性信息赋予给模型。

4.2　数据集成

数据源主要包括三个方面，分别是由 3DMAX 导出的 *. X 与 *. xml2 模型文件，由 Terra Builder 制作的三维地形 MPT 文件，以及矢量数据与属性信息数据。在所有数据准备好之后，首先将三维地形 MPT 文件加载到 Terra Explorer Pro，然后将 *. X 与 *. xml2 模型文件也加载到 Terra Explorer Pro 中，并创建相应的图层。在数据导入时要选择统一的坐标系统，进行一定的坐标转换工作，保证模型位置的准确。在 Terra Explorer Pro 中会自动生成项目的三维信息树窗口，也可以在此基础上创建个人的兴趣点，以及不同的观察视角和各式各样的地理标注，包括工程项目名称，标段，里程桩号等。如图 5 所示。

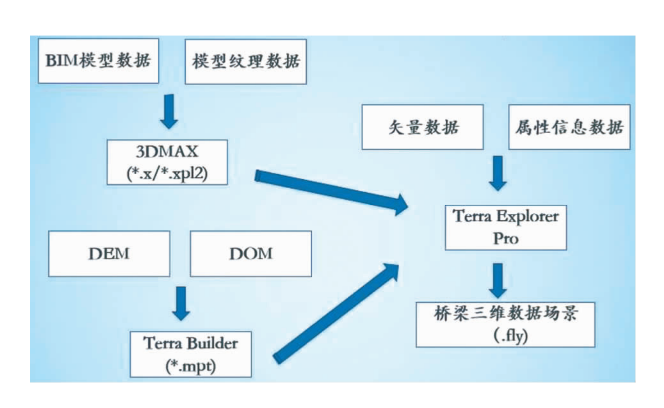


图 5 数据集成流程

在此基础上，将所有数据叠加处理好后，可以在 Terra Explorer Pro 中导出格式为. fly 格式文件。. fly 是 Pro 软件的的特有格式，是三维场景数据的打包导出格式。如图 6 所示。



图 6 Terra Explorer Pro 效果

5 系统开发及系统功能

基于 BIM 的桥梁三维模型信息查询及可视化系统的开发主要是基于 Skyline 平台下的 Terra Explorer Pro 进行二次开发。Terra Explorer Pro 提供了一整套 API 供二次开发使用，也可以通过拖拽例如 TE3DWindow、TEInformationWindow 等 ActiveX 控件的方式来简单的创建基本可视化界面。其中用户接口 API 是对标准 API 的扩充，调用这些 API 可以使用大多数基本的工具和函数。如：对象的创建、信息树的管理、事件处理、查询地形高度信息、获取快照等诸多功能。

本系统的开发采用 C#语言和 Microsoft Visual Studio2010 软件，通过. NET Framework 4.0 环境框架下 Winform 创建的窗体来构建应用程序，考虑到三维桥梁模型信息查询及可视化系统数据量大的特点，使用 C/S 结构可以取消网络响应的中间环节，加快图形的浏览响应速度。

部分核心代码：

```
//打开一个 fly 文件并将信息树和界面加载到控件窗口中
publicForm1()
{
SGWorld66 K;
InitializeComponent();
{
InitializeComponent(); //初始化窗
K = new SGWorld66(); //实例化
K. Project. Open(@"C:\Users\acer\Desktop\1. FLY"); //打开目标文件
K. OnLoadFinished + = K_OnLoadFinished;
}
}
Private void axTE3DWindow1 _ OnKeyboardMessage ( objectsender, AxTerraExplorerX. _ITE3DWindowEvents_OnKeyboardMessageEvent e)
Private void axTEInformationWindow1 _Enter(object sender, EventArgs e)
```

环境的搭建需要 skyline 的 com 组件和 DLL (TerraExplorerX. dll)，最后拖放三维控件。Terra Explorer Pro 开放的主要接口包括 ISGWorld66 接口、ICreator66 接口、IAnalysis66 接口等，通过调用它们的属性和方法实现所需功能。系统主要实现桥梁三维模型的可视化展示和查询功能，可视化展示包括交互式浏览的模型导航、定位以及光照模拟等功能，查询功能则实现桥梁构件属性信息的查询。如图 7 所示。

6 总结与展望

本文结合 BIM 与 3DGIS 技术，利用 Bentley 桥梁系列软件和 Skyline 三维 GIS 平台研究了二者结合的具体方法，并在此基础上进一步开发了基于客户端/服务器架构的三维桥梁模型 GIS 信息系统，实现了 BIM + GIS 技术在桥梁工程上的利用，对桥梁 BIM 的发展提供参考和借鉴。由于 BIM 模型的通用标准 IFC 与 GIS 数据的通用标准 CityGML 转换上还存在一定问题，所以二者在数据转换上还不是很

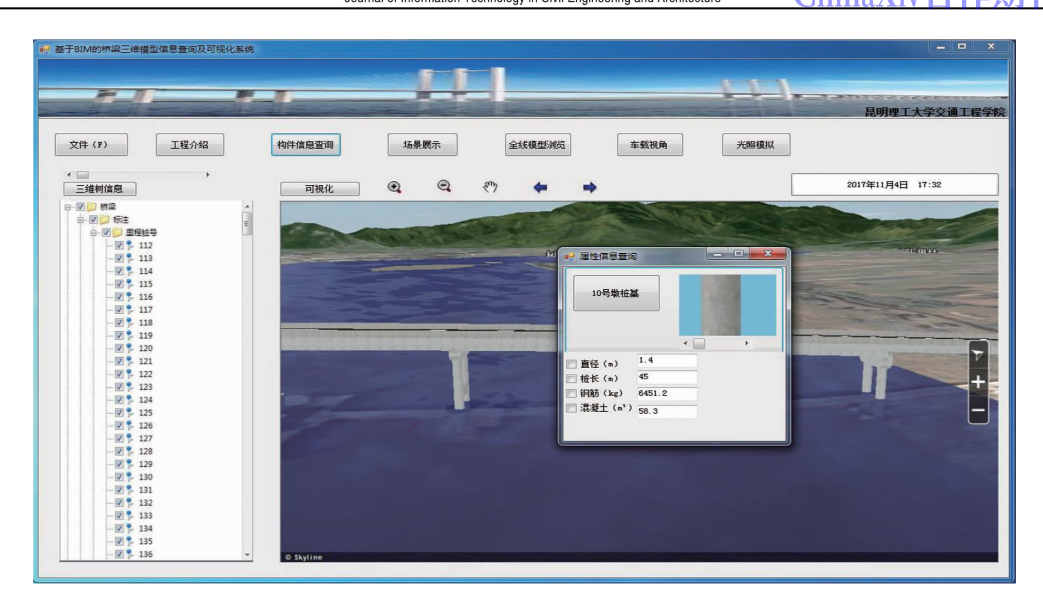


图 7　系统主界面

方便,或者在转换过程中出现一些属性等信息的丢失情况,所以这一问题将是接下来要重点解决的问题,相信在不久的将来,BIM 与 GIS 技术的结合将更加紧密,出现越来越多更加实用的应用。

参考文献

[1] 汤圣君, 朱庆,赵君峤. BIM 与 GIS 数据集成:IFC 与 CityGML 建筑几何语义信息互操作技术[J]. 土木建筑工程信息技术, 2014, 6(4): 11-17.

[2] 于国, 张宗才. 结合 BIM 与 GIS 的工程项目场景可视化与信息管理[J]. 施工技术, 2016, 12(45): 561-565.

[3] 宋学峰. 以 GIS 和 BIM 深度集成应用技术为核心的城市地下管网信息管理模式探讨[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(4): 80-84.

[4] 钱意. BIM 与 GIS 的有效结合在轨交全寿命周期中的应用探讨[J]. 地下工程与隧道, 2013, (3): 40-42,65.

Research and Design of BIM and 3DGIS Technology Application in Bridge Engineering

Lu Yutao, Han Chunhua, Yan Zhi

(*Faculty of Transportation Engineering*, *Kunming University of Science and Technology*, *Kunming* 650500, *China*)

Abstract: With the development of BIM application in domestic engineering construction industry in China, the governments and enterprises gradually realize the importance and value of BIM technology. Codes and/or guidelines for BIM applications have been published in various places. BIM technology runs through the whole life cycle of engineering construction, while the 3DGIS technology performs well in presentation application for the infrastructure construction closely related with the surrounding terrain and environment, such as bridge, tunnels and highway engineering. The combination of two technologies is imperative. This paper considering practical application experience in engineering explores the application of the BIM + 3DGIS technology in bridge engineering, and provides reference for the future development of BIM + 3DGIS technology.

Key Words: BIM; 3DGIS; Bridge Engineering